



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년12월16일
 (11) 등록번호 10-1687371
 (24) 등록일자 2016년12월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/3213 (2006.01) *H01L 21/48* (2006.01)
 (52) CPC특허분류
H01L 21/32134 (2013.01)
H01L 21/3213 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2015-0113876
 (22) 출원일자 2015년08월12일
 심사청구일자 2015년08월12일
 (56) 선행기술조사문헌
 논문1*
 논문2*
 논문3*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
서강대학교산학협력단
 서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
 (72) 발명자
최범규
 서울특별시 마포구 신수로 107, 103동 1705호 (신수동, 신촌삼익아파트)
김석범
 서울특별시 강남구 언주로 332, 101동 1502호 (역삼동, 역삼푸르지오아파트)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
특허법인명인

전체 청구항 수 : 총 7 항

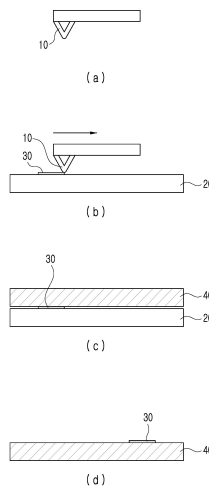
심사관 : 강병섭

(54) 발명의 명칭 **마이크로 캔틸레버 탐침을 이용한 액체금속 패턴 형성 방법**

(57) 요약

본 발명은 마이크로 캔틸레버 탐침을 이용한 액체금속 패턴 형성방법에 관한 것이다. 상기 패턴 형성방법은, 인듐을 포함하는 캔틸레버 탐침을 갈륨을 포함하는 기판에 대해 가압상태에서 이동시키면서 액체금속 패턴을 형성한 후, 해당 액체금속 패턴을 상기 기판으로부터 타겟으로 전사하는 방식으로 수행되는 것을 특징으로 하며, 나노 사이즈의 액체금속 패턴을 형성하는 것이 가능하다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01L 21/4828 (2013.01)

(72) 발명자

이정철

서울특별시 강남구 선릉로 221, 204동 1202호 (도곡동, 도곡렉슬아파트)

최정근

서울특별시 마포구 월드컵북로 260, 33동 606호 (성산동, 성산시영아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2015K000127

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 (재)연구성과실용화진흥원

연구사업명 연구성과사업화지원사업 기술업그레이드 R&D

연구과제명 하이드로젤 기반 원자현미경 마이크로캔틸레버 상용화

기 여 율 1/1

주관기관 서강대학교산학협력단

연구기간 2015.04.27 ~ 2016.04.26

명세서

청구범위

청구항 1

캔틸레버 탐침을 기관에 대해 가압상태에서 이동시키면서 액체금속 패턴을 형성한 후, 해당 액체금속 패턴을 상기 기관으로부터 타겟으로 전사하는 방식으로 수행되고, 상기 캔틸레버 탐침 및 상기 기관에는 상기 액체금속을 구성하는 합금 성분을 적어도 하나 포함하고, 상기 액체금속은 공용 갈륨-인듐 합금이고, 상기 액체금속 패턴은 표면이 산화막으로 피복되고 내부는 액상으로 존재하여 형태가 유지되는 것을 특징으로 하는 액체금속 패턴 형성방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 캔틸레버 탐침은 인듐으로 제작되거나 인듐이 증착된 형태인 것을 특징으로 하는 액체금속 패턴 형성방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 액체금속은 wt%로, 인듐 25 wt% 와 갈륨 75 wt%로 이루어진 것을 특징으로 하는 액체금속 패턴 형성방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 액체금속을 형성하는 과정은 상기 탐침 또는 기관을 가열한 상태에서 수행되는 것을 특징으로 하는 액체금속 패턴 형성방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 기관의 표면에 대해 플라즈마 처리 또는 테크론 코팅의 전처리가 수행되는 것을 특징으로 하는 액체금속 패턴 형성방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 기관으로부터 타겟으로 전사하는 과정은 상기 기관과 상기 타겟의 대향 면이 평행한 상태에서 수행되는 것을 특징으로 하는 액체금속 패턴 형성방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 타겟은 전극 기관, 스트레인 게이지, 유연성 전자 소자 또는 마이크로 히터 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 액체금속 패턴 형성방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 금속 패턴을 형성하는 방법에 관한 것으로, 특히 마이크로 전자 소자와 같은 타겟에 액체금속 패턴을 형성하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 액체금속이란, 일반적으로 녹는점이 상대적으로 높아 상온에서 액상으로 유지되는 금속을 총칭한다. 최근, 이러한 액체금속을 이용하여 무선통신용 안테나, 논리회로용 다이오드 및 멤리스터, 또는 변형, 힘 또는 압력 측정용 선세 등과 같이 마이크로 반도체 소자에서 나노 사이즈의 미세 패턴을 형성하는 것에 관한 연구가 활발하다.

[0004] 한편, 공용 갈륨-인듐 합금(eGain; eutectic Gallium-Indium Alloy), 상표명 ‘Galistan’의 갈륨-인듐-주석 합금, 인달로이(Indalloy) 등의 액체금속은 높은 전기 전도성을 갖기 때문에 종래 독성의 수은을 대체할 수 있는 비독성 물질로서 반도체 소자의 미세 패턴을 형성하는 산업 분야에서 주목받고 있다.

[0005] 특히, 공용 갈륨-인듐 합금은 용점이 15°C 미만이어서 상온에서 액체상태를 유지할 뿐만 아니라 대기 중에 노출되면 산화막을 형성함으로써 비금속 재질의 표면에 대해서도 높은 젖음성(wettability)을 갖게 된다. 공용 갈륨-인듐 합금은 이러한 표면 산화막에 의해 그 형태를 유지한 상태에서 안정적으로 독립된 구조체를 형성할 수 있다.

[0006] 종래, 공용 갈륨-인듐 합금의 이러한 성질에 기초하여 원자 수준의 액적을 스프레이하거나, 노즐을 통해 직접 인쇄하거나, 볼펜을 이용해 드로잉하는 방식 등으로 액체금속으로 이루어진 미세 패턴을 형성하는 다양한 방법이 시도되고 있으며, 마이크로채널을 이용하는 경우 2 마이크로미터 수준의 미세 선폭을 구현한 것으로 보고되고 있으나 나노 사이즈의 패턴 폭 구현에는 한계가 있는 실정이고, 미세 선폭이 단락되거나 매끄럽게 제작되지 않는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은, 나노 사이즈의 액체 금속 패턴을 단락없이 신뢰성 있게 형성하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 이상의 해결과제에 대한 인식 및 이에 기초한 해결수단에 관한 본 발명의 요지는 아래와 같다.

[0011] (1) 캔틸레버 탐침을 기관에 대해 가압상태에서 이동시키면서 액체금속 패턴을 형성한 후, 해당 액체금속 패턴을 상기 기관으로부터 타겟으로 전사하는 방식으로 수행되고, 상기 캔틸레버 탐침 및 상기 기관에는 상기 액체금속을 구성하는 합금 성분을 적어도 하나 포함하는 것을 특징으로 하는 액체금속 패턴 형성방법.

[0012] (2) 상기 액체금속은 공용 갈륨-인듐 합금인 것을 특징으로 하는 상기 (1)에 따른 액체금속 패턴 형성방법.

[0013] (3) 상기 캔틸레버 탐침은 인듐으로 제작되거나 인듐이 증착된 형태인 것을 특징으로 하는 상기 (2)에 따른 액체금속 패턴 형성방법.

[0014] (4) 상기 액체금속은 wt%로, 인듐 25 wt% 와 갈륨 75 wt%로 이루어진 것을 특징으로 하는 상기 (2)에 따른 액체금속 패턴 형성방법.

[0015] (5) 상기 액체금속을 형성하는 과정은 상기 탐침 또는 기관을 가열한 상태에서 수행되는 것을 특징으로 하는 상기 (1)에 따른 액체금속 패턴 형성방법.

[0016] (6) 상기 기관의 표면에 대해 플라즈마 처리 또는 테크론 코팅의 전처리가 수행되는 것을 특징으로 하는 상기 (1)에 따른 액체금속 패턴 형성방법.

[0017] (7) 상기 전사과정은 상기 기관과 상기 타겟의 대향 면이 평행한 상태에서 수행되는 것을 특징으로 하는 상기 (1)에 따른 액체금속 패턴 형성방법.

[0018] (8) 상기 타겟은 전극 기관, 스트레인 게이지, 유연성 전자 소자 또는 마이크로 히터 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 상기 (1)에 따른 액체금속 패턴 형성방법.

발명의 효과

- [0020] 본 발명에 따른 액체금속 패턴 형성방법은, 액체금속을 미리 형성한 후 타겟에 전사함으로써, 종래보다도 액체금속 패턴을 단락없이 신뢰성 있게 형성하는 것이 가능하다.
- [0021] 또한 액체금속을 미리 형성하는 과정에서 캔틸레버 탐침의 곡률 반경 제어에 의해 액체금속 패턴의 선폭을 정밀하게 제어할 수 있고, 이 경우 캔틸레버 탐침의 곡률 반경을 나노 사이즈로 하는 것만으로도 액체금속 패턴을 나노 사이즈로 정밀하게 제어할 수 있다.

[0022]

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 액체금속 패턴 형성 방법에 관한 공정 개념도.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 캔틸레버 탐침의 구조도.
- 도 3는 본 발명의 실시예에 따라 기판에 형성된 액체금속 패턴의 단면 구조도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대하여 상세히 설명한다. 명세서 전체에서, 어떤 구성요소를 ‘포함’ 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한, 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 어떤 구성요소가 ‘선택적으로’ 제공, 구비 또는 포함된다 고 할 때, 이는 본 발명의 해결과제와 관련하여 필수적으로 채택되는 구성요소는 아니나 그러한 해결과제와 관련성을 가지고 임의적으로 또는 유리하게 채택될 수 있음을 의미한다. 한편, 도면에서 본 발명에 대한 설명의 편의상 발명 구성의 일부에 대해서는 필요에 따라 실제보다 과장하거나 생략하여 도시하였다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 액체금속 패턴 형성방법(이하, ‘패턴 형성방법’으로 약칭함)에 관한 공정 개념도를 나타내고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 캔틸레버 탐침에 구조도를 나타낸다.
- [0026] 도 1을 참조할 때 상기 패턴 형성방법은, 캔틸레버 탐침(10)을 기판(20)의 소정위치에 정렬하고, 캔틸레버 탐침(10)을 기판(20) 상면으로 하강시켜 가압한 상태에서 미리 정해진 패턴에 따라 이동시킴으로써 액체금속 패턴(30)을 형성한 후, 해당 액체금속 패턴(30)을 타겟(40)에 전사하는 방식으로 수행된다. 이 경우 편의상, 기판(20)에 형성되거나 또는 타겟(40)에 전사되는 액체금속 패턴(30)은, 기판(20) 또는 타겟(40)과 구별하기 위해 실제 패턴의 형태를 고려하지 않고 도면에 도시하였다.
- [0027] 상기 캔틸레버 탐침(10) 및 상기 기판(20)에는 액체금속을 형성하기 위한 합금 성분이 적어도 하나 포함되어 있다. 즉, 캔틸레버 탐침(10) 및 기판(20)의 마찰접촉에 의해 각각에 포함된 특정 합금 성분이 반응하여, 해당 특정 합금 성분을 유효성분으로 하는 액상금속이 형성될 수 있다.
- [0028] 예컨대, 형성되는 액체금속이 공용 갈륨-인듐 합금인 경우에, 상기 캔틸레버 탐침(10)에 인듐을 포함시키고, 상기 기판(20)에 갈륨을 포함하게 함으로써, 상기 탐침(10)과 기판(20)의 마찰접촉에 의해 탐침(10)의 기판(20)상 이동경로에 대응되는 액체금속 패턴(30)이 형성되고, 공용 갈륨-인듐 액체금속의 함량은 통상적으로 wt%로 인듐 25%와 갈륨 75%를 갖는다.
- [0029] 이 경우, 합금 성분을 상기 캔틸레버 탐침(10) 또는 기판(20)에 포함시키는 형태와 관련하여, 캔틸레버 탐침(10) 또는 기판(20) 자체를 액체금속을 구성하는 합금성분 자체로 구성하는 것도 가능하고 캔틸레버 탐침(10) 또는 기판(20)의 표면에만 합금성분이 증착 등의 방식에 의해 부분 코팅하여 구성하는 것도 가능하다.
- [0030] 캔틸레버 탐침(10) 또는 기판(20) 자체를 합금 성분으로 구성하면, 탐침(10) 또는 기판(20)의 사용수명은 연장되나 비용이 증가하거나 제작상의 곤란함이 수반될 수 있다. 반대로, 탐침(10) 또는 기판(20)의 표면에만 합금 성분을 증착하는 구성은, 저비용으로 용이하게 제작가능하나 수명이 짧아지는 단점이 있다. 실시예에서는, 캔틸레버 탐침(10)의 표면에 인듐을 증착한 형태로 구성하고, 기판(20)의 재질을 갈륨으로 하였다.
- [0031] 한편, 본 발명은 특수한 고상 합금 성분이 열이나 압력에 의해 공용되면서 액상으로 변하는 현상에 주목하여 이러한 현상을 나노 사이즈로 제어함으로써, 미세한 액체금속 패턴(30)을 형성하는 것이 주요한 특징 중 하나이다. 이 경우, 생성되는 액체금속 패턴(30)의 선폭은 기본적으로 탐침(10)이 기판(20)에 접촉하는 면적에 의존하게 때문에 그 제어가 중요하다. 기판(20)에 대한 탐침(10)의 접촉 면적은 탐침(10) 첨단부의 곡률 반경(R)

으로 영향을 받게 되는데, 본 발명은 도 2에 도시된 바와 같이 캔틸레버 탐침(10) 침단의 곡률 반경을 제어하는 간단한 조작만으로도 액체금속 패턴(30)의 선폭 제어가 가능하다. 즉, 탐침(10) 곡률반경이 작을수록 더 미세한 패턴은 만들 수 있고, 곡률반경이 클수록 패턴의 선폭은 커진다.

- [0032] 상기 캔틸레버 탐침(10; cantilever probe)은 외부 구동요소(도면 미도시)에 의해 기관(20) 면을 x-y 평면으로 할 때, xy 방향 및 z 방향으로 미세 이동이 가능한 것을 예정한다. 예컨대, 상기 캔틸레버 탐침(10)은 원자현미경(SPM; Scanning Probe Microscope)에 구비되는 캔틸레버 탐침일 수 있다.
- [0033] 액체금속을 형성하는 과정은 마찰에 따른 온도가 15.7℃ 이상이 되는 것으로 족할 수 있고, 이러한 액체금속 형성 조건을 만족하는 한도에서 캔틸레버 탐침(10)에 의해 기관(20)에 인가되는 압력 조건과 탐침(10)의 이동 속도는 결정될 수 있다. 다만, 액체금속이 탐침(10)의 이동 경로를 따라 균일하게 형성되기 위해서는 캔틸레버 탐침(10)과 기관(20)의 합금 성분이 반응하는 속도와 양이 균일하게 되어야 하고, 따라서 탐침(10)의 이동 속도도 균일하게 유지되는 것이 바람직하다.
- [0034] 한편, 주변 온도가 과도하게 낮아 액체금속을 형성하기에 부적절한 작업환경에서는, 단순 마찰에 의한 액체금속 형성시 기관(20)에 대한 탐침(10)의 가압 조건이 과도하게 되어 탐침(10) 또는 기관(20) 자체에 손상이 발생할 수 있다. 액체금속 형성 과정에서 이러한 탐침(10) 또는 기관(20)의 손상은 액체금속 패턴(30)의 선폭이 불균일해지는 문제가 있을 수 있다. 이 경우 필요에 따라서는, 외부 가열 수단(도면 미도시)을 이용하여 상기 탐침(10) 또는 기관(20)을 액체금속 형성에 필요한 온도 근방으로 승온한 상태에서 액체금속 형성과정을 수행함으로써, 탐침(10)과 기관(20) 사이의 과도한 가압조건에 수반되는 문제가 효과적으로 해소될 수 있다.
- [0035] 도 3는 본 발명의 실시예에 따라 기관에 형성된 액체금속 패턴의 단면 구조도를 나타낸다. 도 3을 참조할 때, 탐침과 기관의 마찰 접촉에 의해 형성된 액체금속 표면에는 공기와 접촉되는 순간에 고상의 산화갈륨(GaO) 막(32)이 형성되고, 이러한 고상의 산화갈륨 막(32)은 내부에 수용된 액상 공용 갈륨-인듐 합금(EGaIn; 34)의 형상을 고정시키게 된다.
- [0036] 즉, 소정 가압 조건하에서 탐침(10)이 기관(20)에 대해 소정 가압 조건하에 마찰 상태로 이동함에 따라 액체금속이 형성되고, 생성된 액체금속의 표면에는 고상 피막(32)이 공기 노출과 함께 즉시 형성됨으로써 내부의 액상 공용 갈륨-인듐 합금(34)은 미세 패턴 형태로 기관(20) 상에 견고하게 유지될 수 있다. 이 경우, 미리 설정된 미세 선폭 제어에 있어서는, 피막(32) 형성 속도를 고려하여 탐침(10)의 이동 속도에 대한 제어가 중요할 수 있다.
- [0037] 계속하여, 도 3의 단면 형상을 가지고 기관(20) 상에 형성된 액체금속 패턴(30)은 목적하는 타겟(40)에 전사된다.
- [0038] 상기 전사 과정에서, 패턴 형성이 요구되는 타겟(40) 면을 액상금속 패턴(30)을 포함하는 기관(20)에 합치하는 상태에서 소정시간 유지함으로써, 해당 액상금속 패턴(30)은 기관(20)으로부터 타겟(40)으로 옮겨지게 된다.
- [0039] 이 경우, 액체금속 패턴(30)의 기관(30)에 대한 접촉력은 타겟(40)에 대한 것보다 낮을수록 전사가 용이할 수 있다. 다만, 이러한 접촉력의 차이로 액체금속 패턴(30) 전부가 타겟(40)으로 전사되지 않는 경우라도, 예컨대 전사율이 70 ~ 80 % 전사되는 경우라도 소망하는 선폭 사이즈의 액체금속 패턴(30)이 타겟(40)으로 전사될 수 있다. 나아가, 전사과정은 돌출된 형상의 액체금속 패턴(30)이 타겟(40)에 접촉하여 수행되기 때문에 상기한 접촉력의 차이로 전사되는 액체금속 양이 과도하게 적게 되는 경우가 아니라면 액체금속 패턴(30)의 미세화 측면에서는 유리할 수 있다.
- [0040] 상기 타겟(40)의 재질은 특별히 제한되지는 않으며, 접촉력 차이에 따른 전사 자체가 곤란하거나 미흡해지지 않는 한도 내에서 기관(20)의 재질 및 형성되는 액체금속의 성분에 따라 적절히 선택될 수 있다. 예컨대, 상기 갈륨 재질의 기관(20)을 예정할 때 상기 타겟(40)은 액체금속과의 밀착력이 양호한 PDMS(Polydimethylsioxane)이나 EcoFlex, PET, 종이 등이 사용될 수 있다. 이 경우, kapton이나 테플론 등은 액체금속과의 접촉력이 과도하게 낮아 사용하기에 부적절하다.
- [0041] 액체금속 패턴(30)의 기관(20) 및 타겟(40) 각각에 대한 과도한 접촉력의 차이로 미세 패턴 형성에 필요한 충분한 전사가 이루어지지 않는 문제는 기관(20) 표면에 대해 산소 플라즈마 처리 또는 테프론 코팅 처리와 같은 전처리 과정을 통해 액체금속 패턴(30)의 기관(20)에 대한 접촉력을 낮게 하는 방법으로 해소될 수 있다.
- [0042] 한편, 상기 전사과정은 상기 기관(20)과 상기 타겟(40)의 대향 면이 평행한 상태에서 수행함으로써, 타겟(40)에 대해 균일한 선폭의 액체금속 패턴(30)을 전사할 수 있어 유리하다.

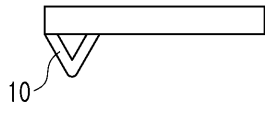
- [0043] 상기 타겟에 따른 제품은 전극 기관, 스트레인 케이지, 유연성 전자 소자 또는 마이크로 히터 등이 될 수 있다.
- [0044] 이상과 같이, 본 발명에 따른 액체금속 패턴 형성방법은, 액체금속을 미리 형성한 후 타겟에 전사함으로써, 종래보다도 액체 금속 패턴을 단락없이 신뢰성 있게 형성하는 것이 가능하다. 또한 액체금속을 미리 형성하는 과정에서 캔틸레버 탐침의 곡률 반경 제어에 의해 액체금속 패턴의 선폴을 정밀하게 제어할 수 있고, 이 경우 캔틸레버 탐침의 곡률 반경을 나노 사이즈로 하는 것만으로도 액체금속 패턴을 나노 사이즈로 정밀하게 제어할 수 있다.
- [0045] 이상의 설명은, 본 발명의 구체적인 실시예에 관한 것이나 본 발명에 따른 상기 실시예는 설명의 목적으로 개시된 사항이고 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 이해되지는 않으며, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질을 벗어나지 아니하고 개시된 실시예에 대해 다양한 변경 및 수정이 가능한 것으로 이해되어야 한다.
- [0046] 예컨대, 상기 실시예에서 캔틸레버 탐침(10)과 기관(20)의 마찰반응에 의해 형성되는 액체금속은 공융 갈륨-인듐 합금을 예정하고 캔틸레버 탐침(10)은 인듐 재질을 포함하고 기관(20)은 갈륨 재질인 것을 예시하였지만, 탐침(10)과 기관(20)의 재질을 반대로 하는 것도 가능하다. 나아가, 형성되는 액체금속의 종류에 따라 탐침(10) 및 기관(20)에 포함되는 합금 원소는 달라질 수 있다.
- [0047] 또한, 상기 실시예에서 액체금속이 형성되는 원리는, 액체금속의 성분이나 조성비가 달라지는 경우라도 동일하게 적용될 수 있다.
- [0048] 또한, 액체금속의 기관 및 타겟 각각에 대한 접착력 차이로 인한 전사과정의 문제는, 제시된 실시예와 반대로 타겟에 대한 소정의 표면 처리를 통해 수행하는 것도 가능하다.
- [0049] 따라서, 이러한 모든 수정과 변경은 특허청구범위에 개시된 발명의 범위 또는 이들의 균등물에 해당하는 것으로 이해될 수 있다.

부호의 설명

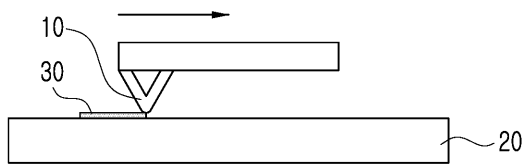
- [0051] 10: 캔틸레버 탐침
- 20: 기관
- 30: 액체금속 패턴
- 32: 산화 피막
- 34: 액상 금속
- 40: 타겟

도면

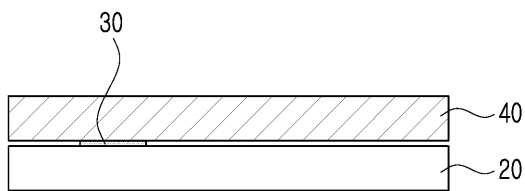
도면1



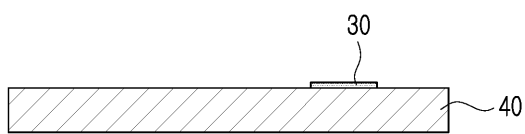
(a)



(b)

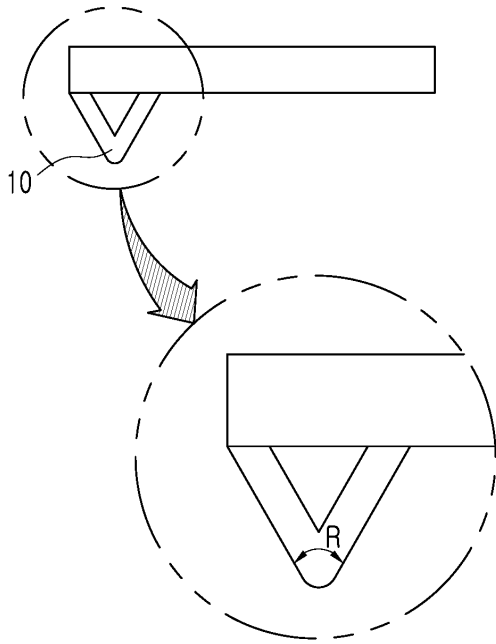


(c)



(d)

도면2



도면3

